



## Impresión 3D en el campo de la medicina.

### *3D printing in the field of medicine.*

#### FORMACIÓN CONTINUADA

#### **Jessica Ruiz Toledo**

Diplomada en podología. Máster Investigación Medicina Clínica. Máster Cirugía podológica.

Professora Associada. Secció Departamental Podologia. Departament Ciències Clíniques. Escola de Podologia. Facultat de Medicina i Ciències de la Salut de la Universitat de Barcelona.

Correspondencia: [jruiztol@yahoo.es](mailto:jruiztol@yahoo.es)

#### RESUMEN

La impresión 3D es un proceso que consiste en unir diversos materiales para confeccionar objetos a partir de un modelo digital. Las impresoras 3D son una realidad mundial con diferentes aplicaciones en el mundo de la medicina. El objetivo de este artículo fue informar de los beneficios de la impresión 3D aplicados al campo de la medicina. La búsqueda bibliográfica fue realizada en la base de datos Pubmed y en el Google Académico. Los resultados obtenidos han permitido conocer los alcances de esta nueva tecnología, empleada para la confección de órganos y tejidos, creación de prótesis, implantes anatómicos, campo de la odontología y dosificación de medicamentos. En conclusión esta tecnología supondrá un cambio en el diseño de la confección de ortesis plantares personalizadas y grandes avances y éxitos en la medicina.

**Palabras clave:** Impresión 3D, medicina, innovación.

#### ABSTRACT

*The 3D print is a process that consists of joining different materials to make objects from a digital model. 3D printers are a worldwide reality with different applications in the world of medicine. The purpose of this article was to report the benefits of 3D printing applied to the field of medicine. The bibliographic search was done in the Pubmed database and in the Academic Google. The results obtained have allowed us to know the scope of this new technology, used for the manufacture of organs and tissues, creation of prostheses, anatomical implants, field of dentistry and medication dosage. In conclusion, this technology will mean a change in the design of custom made orthosis and great advances and successes in medicine.*

**Keywords:** 3D printing, medicine, innovation.

La impresión en tres dimensiones, es conocida como 3D printing. Es un proceso que consiste en unir diversos materiales para confeccionar objetos a partir de un modelo digital. Se aplica el término de fabricación aditiva, es decir la obtención de un objeto mediante la superposición de capas de un material.

En el año 1984, Charles Hull inventó el método de la estereolitografía, proceso de impresión encaminado a maquetas para probar prototipos previos a su fabricación en cadena. En el año 1989, S. Scott Crump desarrolló la técnica de Fused Deposition Modeling, que consistía en la creación de objetos tridimensionales mediante la superposición de capas de material fundido.

Las impresoras 3D son una realidad mundial con diferentes aplicaciones en el mundo de la medicina. Son máquinas que realizan la reproducción en tres dimensiones para obtener un modelo concepto.

Los materiales que pueden trabajarse con dichas impresoras son diversos, existen más de 200 materiales diferentes tales como productos orgánicos (ceras, tejidos, alimentos), metales (aluminio, titanio, acero inoxidable), materiales cerámicos (circonio, grafito) y los polímeros (poliamida policarbonato).

El material más utilizado para la impresión de las piezas es ABS. Se trata de un material con una temperatura de fusión relativamente alta y una gran resistencia al impacto.

Existen tres tipos de impresiones:

- Por compactación, en las que una masa de polvo se compacta por capas.
- Por adición, en las que el propio material se añade por capas.
- Por estereolitografía, donde un láser ultravioleta solidifica por estratos un material de resina líquida.

Las impresiones 3D ofrecen aplicaciones médicas, para reproducir a medida los productos modelo. Este tipo de tecnologías se han aplicado desde el año 2000 en la medicina. La primera aplicación fue en el ámbito de la odontología para la realización de los implantes dentales. El Emergency Care Research Institute situó el año pasado a la impresión 3D en el segundo puesto de las 10 tecnologías de mayor impacto sanitario<sup>(1)</sup>.

Actualmente se pueden organizar sus aplicaciones en categorías como; fabricación de órganos y tejidos, creación de prótesis, implantes anatómicos y dosificación de medicamentos.

Se pretendió informar y formar de los beneficios de la impresión 3D aplicados al mundo de la medicina.

## METODOLOGIA

En la búsqueda bibliográfica realizada en Pubmed. Utilizando los descriptores "3D medicine printing" se localizan 617 resultados aplicando el filtro full text.

(3d[All Fields] AND ("medicine"[MeSH Terms] OR "medicine"[All Fields]) AND ("printing"[MeSH Terms] OR "printing"[All Fields])) AND "loattrfull text"[sb].

Mediante los descriptores 3D podology printing, no se encontró bibliografía en Pubmed.

Y concretamente por 3D orthopedic printing foot, se localizaron 6 artículos.

En la web del google Académico utilizando los términos "impresión 3D en medicina", se obtuvieron 5.230 resultados.

## RESULTADOS

En el mercado de la impresión 3D, el sector sanitario ha estado principalmente dominado por Estados Unidos desde el año 2014. Europa ocupa el segundo lugar donde más adelantos de crecimiento en esta materia se están experimentando. En la actualidad las aplicaciones biomédicas de las impresoras 3D se pueden agrupar en tres grupos: ingeniería de tejidos, elementos óseos y fármacos.

En medicina la impresión 3D presenta diferentes aplicaciones descritas a continuación.

En España existen 60.000 amputados por accidentes variados y enfermedades como la diabetes mellitus. Una prótesis del pie alcanza el presupuesto de 3.000 euros, y de 30.000 si es a nivel supracondílea. La diabetes afecta a un 10% de la población en Europa. El 25% padece el Síndrome de Pie Diabético que implica un riesgo a la amputación. Aproximadamente 6 de cada 1000 diabéticos requiere una amputación. Los soportes plantares y el calzado a medida puede reducir la presión y evitar del 10% al 40% de los costes en tratamientos en amputaciones.

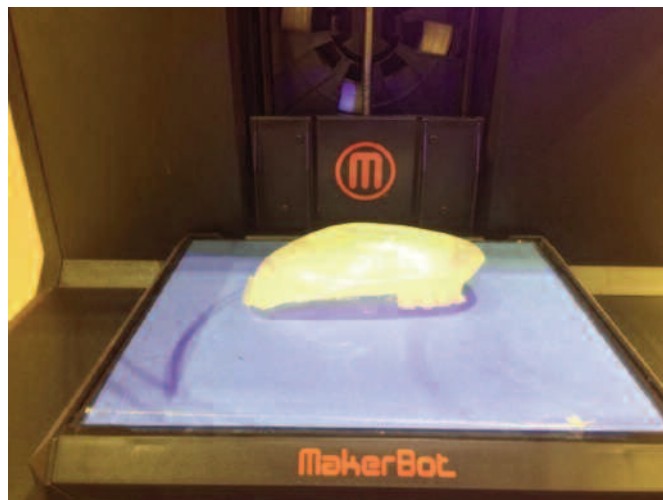
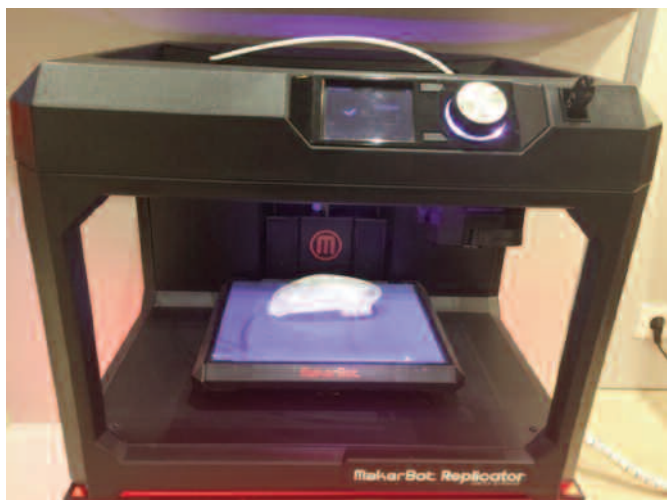


Figura 1, 2. Sistema de diseño de soportes plantares en impresión 3D. Fuente: fotos cedidas por el Sr. Javier Ordoyo.

Actualmente este gasto implica 320 millones de euros en la Unión Europea.

En el diseño de los soportes plantares se está trabajando para su implantación (Figura 1,2).

En el ámbito del calzado, la aplicabilidad de la impresión 3D también ha alcanzado el terreno del diseño. Algunas marcas comerciales de calzado deportivo han innovado en la confección de sus zapatillas. Exponen que este calzado permite adaptarse a las necesidades del atleta en cuanto a movimiento, amortiguación, confort y estabilidad.

A nivel cardiovascular; la bio-impresión 3D, se emplea para imprimir el primer vaso sanguíneo. La empresa Organovo ha sido la primera empresa pionera en comercializarlo. El uso de una impresora de tipo RepRap delta lineal permite obtener una versión del corazón y sus secciones con fines diagnósticos. El Hospital de La Paz en el área de Cardiología Pediátrica trabaja junto a Siemens para desarrollar mediante impresión 3D una prótesis cardíaca personalizada.

En el campo de la odontología, se puede aplicar en el diseño de implantes y aparatos de ortodoncia. La empresa catalana Avinent, es referente mundial en impresión 3D de prótesis dentales y odontología digital<sup>(2)</sup>.

En traumatología, concretamente en ortopedia participa en la creación de prótesis de las extremidades. En Cataluña diversas empresas con tecnología propia están trabajando en este proyecto.

Ya hay disponible más de 50 modelos de pies protésicos a nivel mundial, algunos diseñados para realizar tareas específicas como bailar, jugar al golf o nadar<sup>(3)</sup>.

La Clínica Mayo emplea modelos de articulaciones de cadera imprimidas en 3D. La colaboración entre empresas como ELisava y Leitat ha permitido prótesis en 3D de mano por un valor de 700 euros (el precio actual de una prótesis convencional de antebrazo es de 20.000 euros). Un estudiante de Colorado, ha creado una prótesis robótica con una impresión 3D. Este brazo robótico tiene un coste de 500 dólares, unas 160 veces inferior a la que se construyen por los métodos tradicionales.

La Universidad de Pekín imprimió por primera vez una vértebra, siendo éste el primer caso. Esta vértebra está creada con titanio y tiene unos pequeños poros de forma que el hueso pueda crecer en su interior y no obstaculice el crecimiento, de manera que no son necesarios tornillos.

La escoliosis puede necesitar como tratamiento el uso de un corsé. La impresión 3D ha creado el primer corsé llamado Bespoke. Mediante un escaneo del cuerpo del paciente se obtienen las medidas exactas y se imprime este tratamiento.

La empresa Bioingeniería de Cataluña, ha aplicado la técnica 3D para la regeneración ósea y de los tejidos. El instituto de biofabricación de Herston colabora con la Universidad Tecnológica de Queensland en la investigación y desarrollo de la impresión de cartílago, hueso y tejido humano. Uno de los logros más importantes fue en la Universidad de Washington donde un grupo de investigadores consiguió crear en Noviembre de 2011 un hueso artificial<sup>(4)</sup>.

Los injertos de piel están siendo innovados por la Universidad de Leiden, en Holanda. Desarrollando la combinación de la impresión 3D y otras tecnologías en células madre inducidas (iPS).

Los médicos del Hospital Universitario de Utrecht, en Holanda, implantaron por primera vez en el mundo un cráneo completo hecho con una impresora en tres dimensiones<sup>(5)</sup>.

La impresión 3D permite la impresión directa de células junto con materiales de enseñanza a base de hidrogel para la construcción de tejido y órganos<sup>(6)</sup>.

Otra faceta en la que se innova con la impresión 3D es la impresión de órganos. Ya está en proceso de experimentación la impresión de células del hígado. En el año 2011 se presentó por el cirujano Anthony Atalla un prototipo de riñón humano<sup>(7)</sup>.

A nivel de prótesis corporales, en el año 2013 investigadores de la Universidad de Cornell han confeccionado una réplica de una oreja creando un molde de colágeno y posteriormente rellenado con célula<sup>(8)</sup>.

Por otro lado, Cortex Exoskeleton es un proyecto que usa una impresora 3D para crear una pieza de inmovilización con la medida perfecta de cada paciente ante una fractura. El ingeniero Juan Monzón ha creado los dispositivos wearables, para crear un sistema de rehabilitación ósea y muscular. Un sistema para crear férulas que inmovilizan la fractura e incorporan electroestimulación. El Hospital de Maz de Zaragoza ha innovado aplicando dicha técnica. Además, la elaboración de férulas a medida como sustitutivo de la escayola tradicional de yeso está en elaboración en empresas como Younext<sup>(10)</sup>.

Los métodos de impresión 3D también han permitido fines docentes. Realizar modelos de segmentos corporales utilizando imágenes de Tomografía Computadorizada o escáner de superficie, para poder realizar réplicas de secciones corporales o de disecciones humanas<sup>(9)</sup>.

En la actualidad el producto fabricado mediante una impresora 3D que más se ha comercializado es el audífono, más de 10 millones de pares. Una sola máquina puede llegar a imprimir 30 aparatos en hora y media.

En el ámbito vascular también la impresión 3D ha permitido en el año 2010, mediante la empresa Organovo crear los primeros vasos sanguíneos empleando este método y usando células extraídas de un ser humano (células endoteliales, de músculo liso y de células fibroblásticas).

## DISCUSIÓN

Las impresoras 3D son un método alternativo capaz de elaboración prótesis ortopédicas de calidad y alta durabilidad. Los médicos especialistas y profesionales sanitarios

tienen la posibilidad de trabajar con esta nueva innovación en el ámbito de la medicina. Uno de los posibles aspectos a investigar es la conjugación entre la impresora 3D con los equipos láser escáner 3D para aplicaciones protésicas.

A pesar de las ventajas expuestas de la impresión 3D, existen inconvenientes como la integración de una herramienta dentro el proceso asistencial y el desconocimiento de las posibilidades que permite esta nueva tecnología. Los costes de la impresión 3D minimiza costes. Dos termoplásticos más comúnmente empleados, se adquieren por un precio inferior a los 20 euros. Con esta cantidad se pueden imprimir de 5 a 10 modelos médicos y las impresoras 3D domésticas tienen un coste que oscila entre 600 y 1.500 euros. Supone un precio de producción relativamente bajo.

Los beneficios de este avance son infinitos pero no existe un marco regulatorio. Algunos organismos en algunos países se están cuestionando la legislación de estos productos sanitarios<sup>(11)</sup>.

## CONCLUSIONES

Las impresoras 3D aplicados en la medicina son un gran beneficio para las personas que han sufrido una amputación.

La elaboración de prótesis o implementación de tejidos u órganos evitará la lista de espera de los donantes.

Esta tecnología supondrá un cambio en el diseño de la confección de ortesis plantares.

## BIBLIOGRAFÍA

1. T1. op 10 healthcare technology issues for 2015. Emergency Care Research Institute 2015 [actualizado 1 Dic 2015; consultado 13 Jun 2016]. Disponible en: <https://www.ecri.org/press/Pages/Google-Glass-3-D-printing-ECRI-Institute-Top-10-Healthcare-Technology-2015.aspx>.
2. [http://w27.bcn.cat/porta22/images/es/Barcelona\\_Treball\\_Ocupacion\\_Impresion\\_3D\\_1015\\_ES\\_tcm24-40488.pdf](http://w27.bcn.cat/porta22/images/es/Barcelona_Treball_Ocupacion_Impresion_3D_1015_ES_tcm24-40488.pdf)
3. Martínez A. (2015). Desarrollo de prótesis ortopédicas personalizadas mediante láser escanner 3D.

- Recuperado Febrero de 2016, de <http://oa.upm.es/34108/>
- Kroonenburgh I, Beerens M, Engel C, Mercelis I P, Lambrichts I, Poukens J. Doctor and engineer creating the future for 3D printed custom made implants. Digital Dental News. 2012;6:60-65.
  - Ballarino F. "Las impresoras 3D ya se usan en el país para crear prótesis a medida," Fortuna vol. 876, pp. 1-2, Abril 2014.
  - Three dimensional cell-hydrogel printer using electromechanical microvalve for tissue engineering, IEEE Standard Th2B.004, June. 2009.
  - Derby B. Printing and Prototyping of Tissues and Scaffolds. Science. 2012; 338(6109):921-926
  - Faulkner-Jones A, Greenhough S, King J A, Gardner J, Courtney A, Shu W. Development of a valve-based cell printer for the formation of human embryonic stem cell spheroid aggregates. Biofabrication. 2013;5(1):015013.
  - Hatamleh M, Watson, J. Construction of an Implant-Retained Auricular Prosthesis with the Aid of Contemporary Digital Technologies: A Clinical Report. J. Prosthodont., 22(2):132-6, 2013.
  - Lee C. Medical Applications for 3D Printing: Current and Projected Uses. PT. 2014; 39 (10): 704 – 711.
  - Technical considerations for additive manufactured devices. U.S. Department of Health and Human Services. Food and Drug Administration; 2016 [consultado 13 Jun 16]. Disponible en: <http://www.fda.gov/downloads/MedicalDevices/DeviceRegulationandGuidance/GuidanceDocuments/UCM499809.pdf>.



Col·legi Oficial de Podòlegs  
de Catalunya

## ***El Colegio de Podólogos a vuestro servicio***

*En la página web del Colegio [www.podocat.com](http://www.podocat.com) encontrareis información de nuestra entidad y sobre la Podología en general.*

*Tenéis acceso a artículos, noticias, recomendaciones, enlaces de interés y a través de la **Ventanilla Única** podréis buscar los Colegiados, realizar consultas y/o reclamaciones, etc.*

*Los Colegiados con **su clave correspondiente** tienen acceso al mercado podológico, temas legislativos, publicaciones, convenios, la prescripción podológica, etc.*

*También en el apartado de **Ventanilla Única** podréis realizar consultas, trámites y acceder a los diferentes servicios Colegiales.*

*En "**Mi Perfil de Colegiado**" se pueden consultar todos vuestros datos y modificarlos.*